

**FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS**

Année 1968

**THÈSE**

N° 69

POUR LE

**DOCTORAT EN MÉDECINE**

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Denise BUSQUET

Née le 17 juillet 1939 à Tiaret (Algérie)

Externe des Hôpitaux de Paris

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE

---

UTILISATION D'UN ANALYSEUR DE FREQUENCES

POUR L'ETUDE DE LA PAROLE NORMALE

(Premiers essais).

---

Président : Monsieur AUBRY, Professeur.

**ÉDITIONS A.G.E.M.P. 40 RUE PASCAL PARIS**



**FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS**

---

Année 1968

# **THÈSE**

N°

POUR LE

## **DOCTORAT EN MÉDECINE**

(DIPLÔME D'ÉTAT)

PAR

Denise BUSQUET

Née le 17 juillet 1939 à Tiaret (Algérie)

Externe des Hôpitaux de Paris

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE

---

UTILISATION D'UN ANALYSEUR DE FREQUENCES

POUR L'ETUDE DE LA PAROLE NORMALE

(Premiers essais).

---

Président : Monsieur AUBRY, Professeur.

---

**EDITIONS A.G.E.M.P. 40 RUE PASCAL PARIS**

---



## PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. Alajouanine (T.), Bénard (H.), Bernard (E.), Binet (L.), Bulliard (H.), Cathala (J.), Chabrol (E.), Chailley-Bert (P.), Cheymol (J.), Debré (R.), Fey (B.), Galliard (H.), Gaudart d'Allaines (F. de), Gennes (L. de), Giroud (A.), Hazard (R.), Heuyer (G.), Laroche (G.), Lavier (G.), Lelong (M.), Lévy (M<sup>lle</sup> J.), Lévy-Solal (E.), Lian (C.), Marchal (G.), Mathieu (P.), Monod (R.), Moreau (R.), Moulonguet (P.), Pasteur Vallery-Radot, Petit-Dutaillis (D.), Piédelièvre (R.), Quénu (J.), Renard (G.), Senèque (J.), Strohl (A.), Tanon (L.), Verne (J.).

DOYEN . . . . . Georges BROUET.

1<sup>er</sup> ASSESSEUR . . . . . Daniel BARGETON

2<sup>e</sup> ASSESSEUR . . . . . Jean GOSSET

## I. — PROFESSEURS

## 1° CHAIRES DE SCIENCES FONDAMENTALES

## a) Professeurs titulaires :

MM.

|                                                                   |                         |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Anatomie . . . . .                                                | DELMAS (A.)             |
| — . . . . .                                                       | HUARD (P.)              |
| Anatomie et cytologie pathologiques . . . . .                     | DELARUE (J.)            |
| Anesthésiologie . . . . .                                         | VOURC'H (G.)            |
| Bactériologie et virologie . . . . .                              | TOURNIER (P.)           |
| Biochimie médicale . . . . .                                      | JAYLE (M.-F.)           |
| — . . . . .                                                       | POLONOVSKI (J.)         |
| — . . . . .                                                       | DESGREZ (P.)            |
| Biologie appliquée à l'Education physique et aux Sports . . . . . | MALMEJAC (J.)           |
| Biologie médicale . . . . .                                       | FAUVERT (R.)            |
| Biophysique médicale . . . . .                                    | BUGNARD (L.)            |
| — . . . . .                                                       | DOGNON (A.)             |
| — . . . . .                                                       | DJOURNO (A.)            |
| Cancérologie expérimentale . . . . .                              | MATHÉ (G.)              |
| Chimie pathologique . . . . .                                     | SCHAPIRA (G.)           |
| Génétique fondamentale . . . . .                                  | LEJEUNE (J.)            |
| Histoire de la médecine et de la chirurgie . . . . .              | COURY (Ch.)             |
| Histologie et Embryologie . . . . .                               | TUCHMANN-DUPLESSIS (H.) |
| — . . . . .                                                       | COUJARD (R.)            |
| Hygiène et médecine préventive . . . . .                          | BOYER (J.)              |
| Médecine du Travail . . . . .                                     | DESOLLE (H.)            |
| Médecine légale, Droit médical et déontologie . . . . .           | DEROBERT (L.)           |
| Microbiologie (Bactériologie et virologie) . . . . .              | FASQUELLE (R.)          |
| Parasitologie . . . . .                                           | N...                    |
| Pathologie chirurgicale . . . . .                                 | LAURENCE (G.)           |
| — . . . . .                                                       | KUSS (R.)               |
| — . . . . .                                                       | VERNE (J.-M.)           |
| Pathologie exotique . . . . .                                     | BRUMPT (L.-C.)          |
| Pathologie expérimentale et comparée . . . . .                    | MERKLEN (F.-P.)         |
| Pathologie médicale . . . . .                                     | LAROCHE (Cl.)           |
| — . . . . .                                                       | BRICAIRE (H.)           |
| — . . . . .                                                       | PÉQUIGNOT (H.)          |
| Pathologie respiratoire . . . . .                                 | TURIAF (J.)             |
| Pathologie et thérapeutique générales . . . . .                   | MAURICE (P.)            |
| Pharmacologie . . . . .                                           | BOISSIER (J.-R.)        |
| — . . . . .                                                       | LECHAT (P.)             |
| Physiologie . . . . .                                             | BARGETON (D.)           |
| — . . . . .                                                       | PARROT (J.)             |
| Physiologie et pathologie obstétricales . . . . .                 | LEPAGE (F.)             |
| Radiologie médicale . . . . .                                     | DESGREZ (H.)            |

Technique chirurgicale et Chirurgie expérimentale . . . . .  
Thérapeutique . . . . .  
Thérapeutique appliquée . . . . .

MM.  
N...  
LAMOTTE (M.)  
N...

**b) Professeurs à titre personnel :**

Anatomie . . . . .  
Anatomie anthropologique . . . . .  
Anatomie pathologique . . . . .  
Bactériologie . . . . .  
Biochimie médicale . . . . .  
Biologie médicale . . . . .  
Parasitologie . . . . .  
Pathologie expérimentale . . . . .  
Physiologie . . . . .

CABROL (Ch.)  
OLIVIER (G.)  
NEZELOF (Ch.)  
BARBIER (P.)  
DREYFUS (J.-Cl.)  
BOURLIÈRE (F.)  
LARIVIÈRE (M.)  
LOEPER (J.)  
DEJOURS (P.)  
SCHERRER (J.)  
KELLERSHOHN (L.)  
GOUGEROT (L.)  
ROUCAYROL (J.-Cl.)  
TUBIANA (M.)  
FISCHGOLD (H.)

Physique médicale . . . . .

Radiologie médicale . . . . .

**2° CHAIRES DE SCIENCES CLINIQUES**

**a) Professeurs titulaires :**

Clinique carcinologique . . . . .  
Clinique carcinologique chirurgicale (Necker) . . . . .  
Clinique cardiologique (Broussais) . . . . .  
— — (Boucicaut) . . . . .

MM.  
DENOIX P.  
REDON (H.)  
SOULIÉ (P.)  
LENÈGRE (J.)

Cliniques chirurgicales . . . . .  
Beaujon . . . . .  
— . . . . .  
Cochin . . . . .  
Hôtel-Dieu . . . . .  
Saint-Antoine . . . . .  
Salpêtrière . . . . .  
Tenon . . . . .

LORTAT-JACOB (J.-L.)  
BAUMANN (J.)  
LEGER (L.)  
PATEL (J.)  
GOSSET (J.)  
SICARD (A.)  
OLIVIER (Cl.)

Clinique chirurgicale orthopédique et traumatologique (Cochin) . . . . .  
— — — (Foch) . . . . .  
— — — (Beaujon) . . . . .

MERLE d'AUBIGNÉ (R.)  
PADOVANI (P.)  
CAUCHOIX (J.)

Clinique de chirurgie infantile et orthopédique (Enfants-Malades) . . . . .  
Clinique de chirurgie cardio-vasculaire (Broussais) . . . . .  
Clinique de chirurgie thoracique (Laennec) . . . . .  
Clinique dermatologique (Saint-Louis) . . . . .  
Clinique endocrinologique (Pitié) . . . . .  
Clinique de Génétique médicale (Enfants-Malades) . . . . .  
Clinique chirurgicale et gynécologique (Broca) . . . . .  
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques (Saint-Louis) . . . . .  
Clinique des maladies des enfants (Enfants-Malades) . . . . .  
Clinique des maladies infectieuses (Claude-Bernard) . . . . .  
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale (Sainte-Anne) . . . . .  
Clinique des maladies du sang (Broussais) . . . . .  
Clinique des maladies du système nerveux (Salpêtrière) . . . . .

FÈVRE (M.)  
DUBOST (Ch.)  
MATHEY (J.)  
DUPERRAT (F.)  
DECOURT (J.)  
LAMY (M.)  
HUGUIER (J.)  
DEGOS (R.)  
TURPIN (R.)  
MOLLARET (P.)  
DELAY (J.)  
BERNARD (J.)  
CASTAIGNE (P.)

Cliniques médicales . . . . .  
Bicêtre . . . . .  
Broussais . . . . .  
Cochin . . . . .  
Hôtel-Dieu . . . . .  
Pitié . . . . .  
Saint-Antoine . . . . .  
Saint-Antoine . . . . .  
Saint-Antoine . . . . .

DEPARIS (M.)  
MILLIEZ (P.)  
N...  
BARIÉTY (M.)  
DREYFUS (G.)  
CONTE (M.)  
KOURILSKY (R.)  
BOUDIN (G.)

|                                                                                    |                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Clinique d'hydrologie et de climatologie (Bichat)                                  | DEBRAY (Ch.)                                                 |
| Clinique médicale infantile et pédiatrie sociale (Enfants-Malades)                 | MARIE (J.)                                                   |
| Clinique médicale propédeutique (Broussais)                                        | JUSTIN-BESANÇON (L.)                                         |
| Clinique médico-sociale du diabète sucré et des maladies métaboliques (Hôtel-Dieu) | DEROT (M.)                                                   |
| Clinique néphrologique (Necker)                                                    | HAMBURGER (J.)                                               |
| Clinique de neuro-chirurgie (Pitié)                                                | DAVID (M.)                                                   |
| Clinique neurologique (Salpêtrière)                                                | GARCIN (R.)                                                  |
| Cliniques obstétricales                                                            | <div> <div>Baudelocque</div> <div>Saint-Antoine</div> </div> |
| Clinique obstétricale et gynécologique (Port-Royal)                                | LACOMME (M.)                                                 |
| Clinique ophtalmologique (Hôtel-Dieu)                                              | MERGER (R.)                                                  |
| — — (Cochin)                                                                       | VARANGOT (J.)                                                |
| Clinique oto-rhino-laryngologique (Lariboisière)                                   | OFFRET (G.)                                                  |
| Clinique de pédiatrie (Trousseau)                                                  | BREGEAT (P.)                                                 |
| Clinique de pédiatrie et de puériculture (Saint-Vincent-de-Paul)                   | AUBRY (M.)                                                   |
| Clinique de pneumo-phtisiologie (Laennec)                                          | MOZZICONACCI (P.)                                            |
| Clinique de neuro-psychiatrie infantile (Salpêtrière)                              | THIEFFRY (S.)                                                |
| Clinique de rhumatologie médicale et sociale (Cochin)                              | BROUET (G.)                                                  |
| Clinique de rhumatologie (Lariboisière)                                            | MICHAUX (L.)                                                 |
| Clinique stomatologique (Salpêtrière)                                              | COSTE (F.)                                                   |
| Clinique thérapeutique chirurgicale (Vaugirard)                                    | SÈZE (S. de)                                                 |
| Clinique thérapeutique médicale (Saint-Antoine)                                    | DECHAUME (M.)                                                |
| Clinique toxicologique (F. Vidal)                                                  | ROUX (M.)                                                    |
| Clinique traumatologique et orthopédique (R.-Poincaré)                             | LEMAIRE (A.)                                                 |
| Clinique urologique (Cochin)                                                       | GAULTIER (M.)                                                |
| — — (Necker)                                                                       | JUDET (R.)                                                   |
| Hygiène et clinique de la première enfance (Trousseau)                             | ABOULKER (P.)                                                |
| Séméiologie médicale (A. Chantin)                                                  | GOUVELAIRE (R.)                                              |
| — — (Lariboisière)                                                                 | LAPLANE (R.)                                                 |
| — — (Pitié)                                                                        | DOMART (A.)                                                  |
| — — (Rothschild)                                                                   | BOUVRAIN (Y.)                                                |
| Séméiologie et clinique chirurgicales (Broussais)                                  | RAMBERT (P.)                                                 |
|                                                                                    | WOLFROMM (R.)                                                |
|                                                                                    | POILLEUX (F.)                                                |

## b) Professeurs à titre personnel :

|                            |                  |
|----------------------------|------------------|
| Hématologie                | ANDRÉ (R.)       |
| Hydrologie et climatologie | BOUSSER (J.)     |
| Maladies infectieuses      | GIBERTON (A.)    |
|                            | BASTIN (R.)      |
|                            | AZERAD (E.)      |
|                            | BOUR (H.)        |
|                            | CAROLI (J.)      |
|                            | DREYFUS (B.)     |
|                            | GROSSIORD (A.)   |
| Médecine                   | LAMBLING (A.)    |
|                            | LAUNAY (Cl.)     |
|                            | PAYET (M.)       |
|                            | PERRAULT (M.)    |
|                            | SIGUIER (F.)     |
|                            | WORMS (R.)       |
| Néphrologie                | RICHET (G.)      |
| Neuro-chirurgie            | LE BEAU (J.)     |
| Neurologie                 | LHERMITTE F.     |
| Neuro-psychiatrie          | PICHOT (P.)      |
| Oto-Rhino-Laryngologie     | MADURO (R.)      |
| Pédiatrie                  | POLONOVSKI (Cl.) |
|                            | ROYER (P.)       |
|                            | KREIS (B.)       |
| Pneumo-Phtisiologie        | MEYER (A.)       |
| Rhumatologie               | DELBARRE (F.)    |

## II. — PROFESSEURS SANS CHAIRE

|                             | MM                                              |                             | MM.                            |
|-----------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Anatomie pathologique . . . | GOUYBON (Ch.)                                   | Maladies infectieuses . . . | DUPONT (V.)                    |
| Bactériologie . . . . .     | CHRISTOL (D.)                                   | Neuro-psychiatrie . . . .   | TARDIEU (G.)                   |
| Biochimie médicale . . . .  | { CARTIER (P.)<br>GONNARD (P.)<br>NORDMANN (J.) | Pédiatrie . . . . .         | ROSSIER (A.)                   |
| Biologie médicale . . . .   | HARTMANN (L.)                                   | Physique médicale . . . .   | { COURSAGET (J.)<br>GREMY (F.) |
| Chirurgie . . . . .         | CERBONNET (G.)                                  | Physiologie . . . . .       | GIRARD (Fr.)                   |
| Hématologie . . . . .       | BILSKI-PASQUIER (G.)                            | Stomatologie . . . . .      | CHAPUT (M <sup>me</sup> A.)    |

## III. — PROFESSEURS DÉTACHÉS DANS LES UNIVERSITÉS ÉTRANGÈRES

|                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Bactériologie . . . . .           | HAUDUROY (P.) Pr. s. ch. |
| Pathologie chirurgicale . . . . . | RUDLER (J.) Pr. s. ch.   |

## IV. — PROFESSEURS ASSOCIÉS

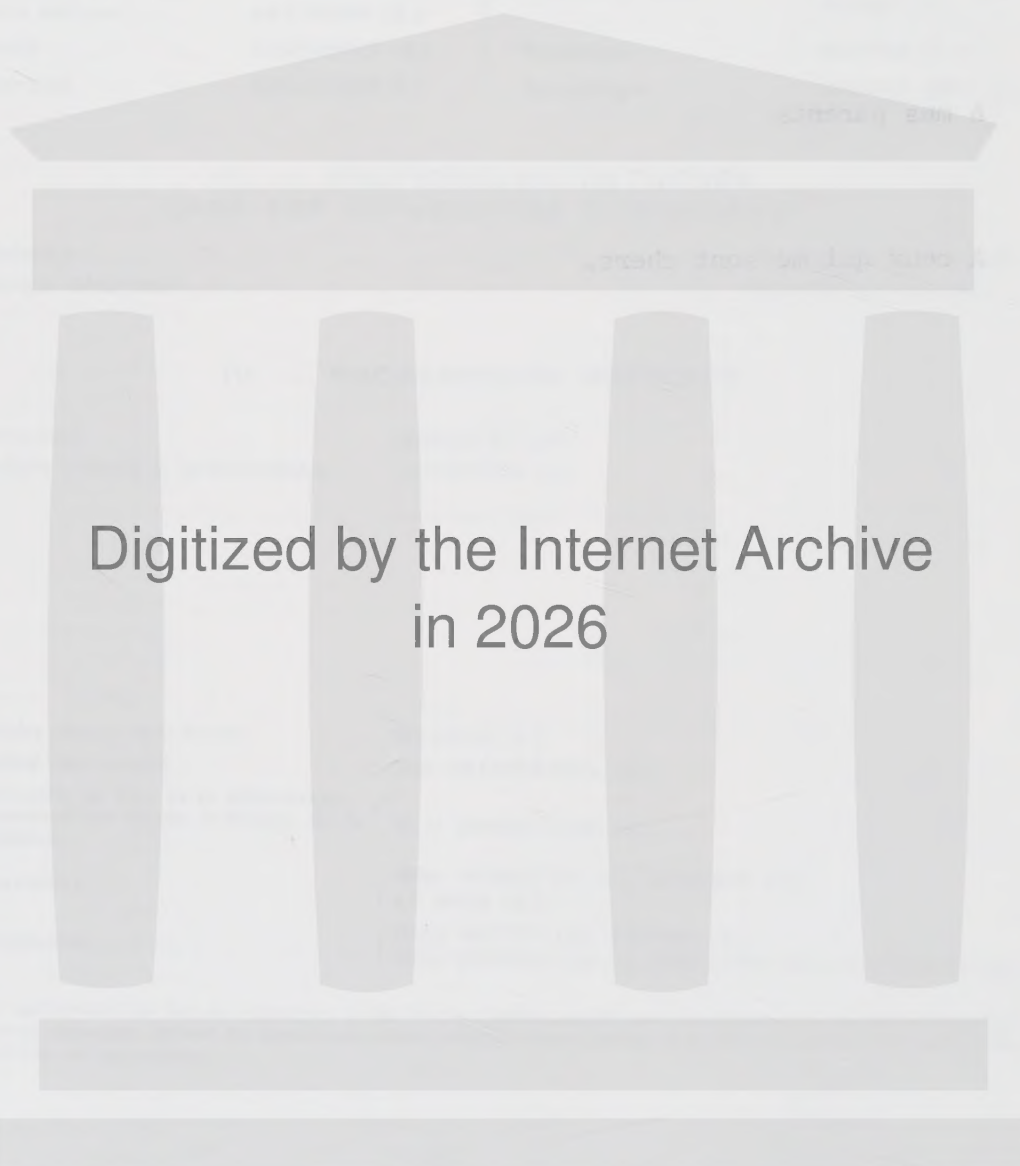
|                                                   |               |
|---------------------------------------------------|---------------|
| Hormonologie . . . . .                            | MORICARD (R.) |
| Statistique médicale et épidémiologique . . . . . | SCHWARTZ (D.) |

|                                                           |                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Secrétaire général de la Faculté . . . . .                | M. LENA (J.)                                                                              |
| Conseiller administratif . . . . .                        | Mlle CHAINTREUIL (G.)                                                                     |
| Conservateur en Chef de la Bibliothèque . . . . .         | M. le Docteur HAHN (A.)                                                                   |
| Conservateur du Musée d'Histoire de la Médecine . . . . . |                                                                                           |
| Conservateurs . . . . .                                   | { Mlles DUMAITRE (P.), LAURENT (H.),<br>LE NOIR (G.)                                      |
| Bibliothécaires . . . . .                                 | { Mmes CONTET (J.), FORGET (F.),<br>Mlles DUROZOY (M.-F.), ROBERGE (D.), Dr SCHILLER (J.) |

*Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.*

A mes parents

A ceux qui me sont chers.



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41549931\\_0053](https://archive.org/details/IA41549931_0053)

A mon Maître, Monsieur le Professeur Maurice AUBRY

Professeur de Clinique Oto-Rhino-Laryngologique  
à la Faculté de Médecine de Paris.

Il a été mon maître d'externat .

Il m'a fait le grand honneur d'accepter  
la présidence de cette thèse.

Qu'il veuille bien trouver ici l'assurance de  
mes sentiments respectueux et très reconnaissants.



A mon maître, Monsieur le Professeur MICHAUX

Professeur de la clinique de Neuro-Psychiatrie  
Infantile à la Faculté de Médecine de Paris

Grâce à lui j'ai pu m'initier à  
la neuropsychiatrie.

Il m'a permis d'exécuter ce travail  
dans son service.

Qu'il veuille bien accepter l'expression  
de ma profonde reconnaissance.



A mon maître, Monsieur le Professeur Agrégé Paul PIALOUX

Professeur agrégé d'Oto-Rhino-Laryngologie à la  
Faculté de Médecine de Paris.

Oto-Rhino-Laryngologiste des Hôpitaux de Paris

Il m'a inspiré le sujet de ce travail.

Il m'a permis de m'orienter vers  
l'audiophonologie.

Je le prie de croire à toute ma  
gratitude.



A mon Maître, Monsieur le Professeur Agrégé Michel DUGAS

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine  
de Paris.

Il a mis à ma disposition son  
laboratoire d'orthophonie.

Il m'a toujours prodigué ses conseils  
bienveillants.

Je suis heureuse de pouvoir lui exprimer  
l'assurance de mon respectueux attachement.



Au Docteur Michèle VALTAT

Oto-Rhino-Laryngologiste de la Faculté de Paris.

Elle m'a permis de profiter de sa  
grande expérience en audiophonologie  
et m'a aidée de ses précieux conseils.

Je la prie d'accepter mes plus vifs  
remerciements.



A mes Maîtres d'Externat :

Monsieur le Professeur LHERMITTE

Monsieur le Docteur BOURDIAL

Monsieur le Docteur HENROT

Monsieur le Docteur Y. LALLEMANT

Monsieur le Docteur R. NATALI

Monsieur le Docteur FABRE



## P L A N

### . INTRODUCTION

### . CHAPITRE I - Phonétique expérimentale : Evolution des méthodes

### . CHAPITRE II - Phonétique acoustique :

#### A - Quelques définitions :

1 - Le son : hauteur - intensité - timbre

2 - Résonance et résonateur.

#### B - Les voyelles et les consonnes :

1 - Emission de la voix

2 - Les voyelles

3 - Les consonnes

### . CHAPITRE III - Expérimentation

#### A - Matériel utilisé :

1 - Description

2 - Utilisation

#### B - Méthode de recherche et résultats

1 - Etude en deux dimensions : spectres caractéristiques de quelques voyelles isolées.

2 - Etude en trois dimensions : analyse d'une séquence sonore.

### . CONCLUSION



## INTRODUCTION

La parole permet la communication entre individus "elle est non seulement un système sonore, un montage neurologique, elle représente un élément constitutif de la réalité humaine". (Gusdorf)

De jour en jour des techniques nouvelles permettent une étude plus approfondie mais encore incomplète de la parole. Ayant eu à notre disposition un analyseur de fréquences\*, dans le service du Professeur Michaux, à la clinique de neuro psychiatrie de la Salpêtrière, il nous a paru intéressant d'exploiter les possibilités de cet appareil en phonétique expérimentale. En effet, si cet appareil est très utilisé dans l'industrie pour l'analyse fréquentielle de divers bruits, il ne l'a été que peu pour des études phonétiques.

Notre peu d'expériences de la recherche nous a obligé à gravir lentement les échelons de cette étude ; d'autre part, nous n'avons retrouvé dans la littérature aucune publication détaillée relatant une expérimentation sur cet analyseur de fréquences dans le domaine de la phonétique. Ces faits nous ont contraint à étudier uniquement la parole normale et ne nous ont pas permis d'aborder les perturbations de celle-ci. En effet, si en médecine on a l'habitude d'étudier la pathologie, toute étude expérimentale doit débiter par l'étude du phénomène normal avant d'aborder ses perturbations.

Exposer quelques uns des résultats obtenus lors de l'étude de la parole des sujets normaux, doit permettre de déterminer les différentes possibilités d'utilisation de l'appareil en phonétique expérimentale.

---

\* Analyseur de fréquences de Brüel et Kjaer type 2112.



## Chapitre I

### PHONETIQUE EXPERIMENTALE : EVOLUTION DES METHODES.

---

La phonétique que l'on peut définir comme l'étude des éléments phonétiques constituant le langage articulé, qui pendant longtemps n'a bénéficié que de simples observations, appartient depuis un siècle environ au domaine des sciences expérimentales.

La phonétique expérimentale étudie l'émission et la réception de sons composant la chaîne parlée ; elle a été développée à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et au XX<sup>e</sup> siècle par Rousselot et Grammont. Elle repose sur un appareillage technique très important et nous renseigne sur le caractère objectif des phénomènes, que nous ne percevons que de façon subjective à l'aide de notre oreille.

L'une des méthodes les plus anciennes est l'enregistrement par la méthode de Rousselot : le cylindre enregistreur ou kymographe est resté très longtemps l'appareil le plus important. On enregistre les différents mouvements articulatoires sur un cylindre enregistreur recouvert de papier noirci. L'enregistrement est fait par l'intermédiaire d'un stylet solidaire de la membrane d'un tambour de Marey modifié. On peut enregistrer avec plusieurs tambours qui peuvent recevoir : le premier, les vibrations laryngées ; le deuxième, le courant d'air buccal qui objective l'ouverture et la fermeture de la bouche, le troisième, le courant d'air passant par le nez (à l'aide d'une olive nasale) ; les stylets inscrivent les vibrations de la voix, communiquées par la membrane. On obtient ainsi des courbes dont l'étalement varie en fonction de la vitesse du cylindre et dont l'amplitude est proportionnelle à l'énergie des vibrations. Ce type d'enregistrement permet d'obtenir de nombreux renseignements mais le gros inconvénient est l'inertie du système. D'autre part l'amplitude



obtenue sur le tracé n'est pas fonction seulement de l'amplitude de la vibration sonore émise mais est influencée aussi par des phénomènes de résonance : l'amplitude augmente d'autant plus que la fréquence propre du corps enregistreur est plus proche de la fréquence enregistrée. Les courbes obtenues à l'aide des kymographes sont essentiellement des courbes articulatoires qui ne sont pas superposables aux courbes acoustiques obtenues par un enregistrement électrique de l'onde sonore.

Pour diminuer l'inertie du kymographe, Rudolf Koenig a substitué au stylet enregistreur un nouveau système : la flamme manométrique ; les vibrations de la membrane induisent des variations de pression dans une poche de gaz, qui modifient le débit d'un brûleur adapté. La longueur de la flamme varie en fonction de la pression, par conséquent comme les variations du courant d'air buccal. Pour pouvoir observer les variations de la flamme on utilise un miroir à quatre faces, animé d'un mouvement rotatoire rapide ; elles apparaissent à la partie supérieure d'un ruban lumineux comme une ondulation qui varie avec elles.

Mais les méthodes électro-acoustiques modernes permettent d'obtenir des enregistrements d'une qualité nettement supérieure.

En 1934 Gemelli utilise un oscillographe électromagnétique. Mais c'est avec l'oscillographe cathodique qu'on a trouvé la solution définitive au problème qui intéresse le phonéticien : objectiver une variation en fonction du temps, de la pression de l'air en un point, celui où pourrait se trouver l'oreille de l'auditeur. Les variations de pression sonore de la voix sont transformées en variations de tension électrique en fonction du temps, par un microphone. Ces variations sont amplifiées et appliquées aux plaques de déviation verticale d'un oscillographe cathodique ; les plaques horizontales recevant une tension dite de "balayage". Les modifications de la pression s'expriment par une déviation du spot sur un écran fluorescent ; le système n'a quasiment pas d'inertie le spot se déplace au rythme des variations. La courbe obtenue est caractéristique de l'élément phonétique étudié. Mais si cette courbe a l'avantage d'être immédiatement visible, elle disparaît dès que cesse la vibration, ce qui rend sa lecture très difficile. L'adjonction d'une caméra située devant l'écran et qui déroule de façon continue un film à vitesse convenable



permet d'accélérer à la forme des vibrations dans son intégrité. Les données phonétiques recueillies concernent :\* "A faible vitesse, la durée des phonèmes, leur intensité, leur aspect caractéristique, leur mode d'association ou liaison entre eux, leur attaque et leur fin.

A grande vitesse, les renseignements fournis donnent un tracé représentatif de la composition sonore du phonème".

Mais si ce système a de gros avantages, en particulier l'inertie nulle, il a des inconvénients d'ordre pratique : prix, temps de latence, dû au développement du film, difficultés à étudier avec soin plusieurs mètres de film, millimètre par millimètre ; et aussi un défaut d'ordre psychologique\*\* ; "Le problème n'est pas tellement de visualiser la totalité des vibrations individuelles, le problème réel est que les grandeurs qui intéressent le phonéticien ne sont pas perçues comme phénomènes isolés ; l'oreille dans l'acte de langage les appréhende comme fondues l'une dans l'autre, comme un tout continu, comme une matière sonore possédant certaines propriétés globales-macrosémantiques- auxquelles notre cerveau accède directement et que par conséquent le phonéticien doit s'efforcer de concrétiser et d'exprimer".

De telles représentations de la matière sonore pourront être obtenues grâce à des appareils qui mesurent trois dimensions : l'intensité des variations de pression, leur fréquence et le temps ; le sonographe, les analyseurs de fréquences et le "visible speech" ont de tels avantages.

LE SONAGRAPHE : a donné une grande impulsion à la phonétique depuis 1945. C'est une projection sur le plan de base de la fréquence en fonction du temps, les fréquences où un son a été enregistré sont représentées par des zones noircies.

---

\* Mme Borel-Maisony      Tarnaud page 120.

\*\* Phonétique et Phonation      Moles pages 27-28.



Fonctionnement : le signal est enregistré sur une bande magnétique disposée sur un large disque dont la circonférence correspond à une séquence de temps de 2,4 secondes. Dans un deuxième temps le disque tourne avec une vitesse trois fois plus grande et passe dans un certain nombre de filtres électriques. Les composantes fréquentielles sont enregistrées au moyen d'un stylet, sur un papier spécial entourant un tambour de même axe que le disque, et l'intensité de la coloration correspond à l'intensité de la fréquence enregistrée. On enregistre les fréquences de 0 à 8 000 cycles par seconde. Il existe plusieurs possibilités d'analyse :

1 - Image tridimensionnelle du signal analysé ; fréquence, amplitude et temps sont représentés simultanément sur le graphique.

2 - Section : visualisant l'intensité dans chaque fréquence. Le graphique est celui d'un moment précis choisi à l'avance.

3 - Analyse semblable à celle d'un oscilloscope : elle donne l'enveloppe du son, c'est-à-dire l'amplitude en fonction du temps pour l'ensemble des fréquences.

On peut utiliser deux filtrages : filtrage étroit (40 cycles/seconde) ou filtrage large (300 cycles/seconde). Le filtrage étroit permet une bonne analyse de la fréquence détachant le fondamentale et ses harmoniques. Le filtrage large donne une excellente image des formants, mais il n'y a plus de fréquences précises ; par contre le temps est facilement lisible. S'il a permis de progresser rapidement dans le domaine de la phonétique expérimentale, cet appareil présente cependant des inconvénients, sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir ; ce sont essentiellement :

- le manque de précision ; cet appareil condense en un épais trait noir un grand nombre d'harmoniques.

- l'utilisation d'une échelle de fréquences linéaire au lieu d'être une échelle logarithmique des hauteurs qui serait plus conforme à notre perception réelle. Enfin :

- l'obligation de découper au préalable le flux du discours en tranches de 2,4 secondes.



D'autres analyseurs de fréquences permettent d'obtenir des résultats du même ordre, tel est celui que nous avons utilisé pour cette étude. Nous verrons dans un chapitre ultérieur ses caractéristiques exactes, ses avantages et ses inconvénients.

LE VISIBLE SPEECH donne une analyse instantanée de la parole en série de Fourier. Ce type d'appareil donne par l'intermédiaire de dix tubes au néon correspondant aux dix filtres, le spectre fréquentiel qui permet de lire verticalement les amplitudes.

. A côté de ces appareils qui font une étude analytique de la parole, on a récemment utilisé des appareils qui ont pour but de faire la synthèse de la parole. Ils ont l'avantage de montrer de façon certaine l'importance ou le peu d'importance de tel ou tel caractère (position des formants, accentuation...) ; tels sont :

LE VOCODER à filtres : il est à l'origine des méthodes de synthèse modernes. Il reconstruit un message vocal à partir des éléments informatifs fournis par un autre message vocal préalablement analysé, prononcé devant un microphone. Il comprend une partie d'analyse qui découpe la bande passante en un certain nombre de filtres, relève les intensités relatives des composantes à la sortie des filtres, et les transforme en "ordres" électriques qui sont transmis à la partie de synthèse.

#### DISPOSITIF DE PLAY BACK DE HASKINS POUR LA RELECTURE DU SONAGRAMME :

on dessine sur une bande transparente, un sonagramme, construit arbitrairement d'après les données statistiques tirées des études faites sur les sonagrammes ou inspirées d'un sonagramme enregistré. La bande défile devant un système de cellules photoélectriques et de vibrateurs qui mélangent les différentes fréquences avec des amplitudes proportionnelles au spectre dessiné sur la bande. Ayant reproduit les objets sonores, l'appareil les débite dans un haut parleur. On obtient avec certains de ces appareils une très bonne intelligibilité.



LES SYNTHETISEURS A FORMANTS : c'est une direction toute nouvelle de la phonétique expérimentale, qui semble avoir de grandes possibilités d'avenir.

Ce bref aperçu des méthodes de phonétique expérimentale, nous a permis de situer parmi les autres appareils, l'analyseur de fréquences que nous avons utilisé pour notre expérimentation.

La phonétique expérimentale a bénéficié aussi de l'expérimentation physiologique : utilisation du palatogramme, du stroboscope, du radio-cinéma que nous ne décrirons pas ici, puisqu'ils sont en marge de notre sujet.

---



## Chapitre II

### PHONETIQUE ACOUSTIQUE

---

#### A - QUELQUES DEFINITIONS\*

=====

"L'étude acoustique de la parole est devenue une pratique courante, on divise les sons et les bruits du langage articulé humain en un certain nombre d'éléments simples appelés phonèmes, possédant des caractéristiques fonctionnelles et acoustiques définies".

On distingue deux catégories de phonèmes : les voyelles et les consonnes. Avant de donner les particularités de ces phonèmes, il nous paraît utile de rappeler quelques définitions d'acoustique.

1 - LE SON : c'est une sensation engendrée par une onde acoustique. Cette onde est créée par une vibration, émise par un corps vibrant. Elle se propage dans l'air à une vitesse de 33 mètres/seconde. Elle peut se transmettre dans tous les milieux matériels, elle ne peut pas se transmettre dans le vide.

La vibration qui crée le son peut être, périodique ou non, simple ou composée. Selon sa forme elle donnera naissance à un son caractérisé par des vibrations périodiques ou à un bruit qui est apériodique. Le son peut être pur, dû à une vibration sinusoïdale, ou complexe, dû à une vibration composée comportant un grand nombre d'harmoniques. Chaque corps vibrant a sa fréquence de vibration propre mais les sons purs sont rares ; en effet "quand un corps vibre, chaque partie vibre simultanément et avec une vitesse qui correspond

---

\* J. Pomme : particularités acoustiques des principales voyelles françaises.

\*\* Malmberg : La phonétique pages 9-10.



au rapport entre la partie en question et le corps tout entier. Le tiers vibre trois fois plus vite, le quart quatre fois plus vite... Une corde qui vibre donne par conséquent naissance non seulement au fondamental qui est le son propre de la corde entière - mais aussi à toute une série d'harmoniques dont les fréquences sont des multiples entiers de celle de toute la corde".

Les sons se distinguent entre eux de trois manières :

- Par leur hauteur, qui fait distinguer un son grave d'un son aigu. Elle est liée à la fréquence des vibrations de la source sonore, c'est-à-dire au nombre de périodes par unité de temps.

- Par l'intensité, qui fait distinguer un son fort, d'un son faible. Elle est liée à l'amplitude des vibrations sonores.

- Par le timbre, qui fait distinguer deux sons émis par deux instruments différents, dépend des harmoniques qui la composent.

## 2 - RESONANCE et RESONATEUR

Toute vibration produite devant une cavité est amplifiée, si la fréquence de la cavité est la même ou est voisine de celle du corps vibrant. C'est le phénomène de résonance. Il ne crée pas un son, il vibre quand on exerce sur lui une force périodique dont la fréquence est voisine d'une des fréquences du corps. Il renforce alors cette fréquence.

\* "Il est possible de renforcer à l'aide de la résonance, n'importe quelle fréquence contenue dans un son complexe et par conséquent de modifier le timbre. Si l'on renforce les harmoniques hauts, on obtient un son de timbre clair. Si le fondamental ou les harmoniques bas sont renforcés, le son devient grave".

## B - LES VOYELLES ET LES CONSONNES.

=====

1 - EMISSION DE LA VOIX . La complexité de l'émission de la voix explique que plusieurs théories s'affrontent encore à l'heure actuelle.



Pour la théorie myoélastique, le premier agent de l'ébranlement des cordes vocales est la pression sous glottique.

Pour la théorie neuro-chronaxique, c'est une stimulation récurrentielle qui est à l'origine de cette vibration.

Mais le larynx est l'émetteur du son de base ; c'est un son complexe qui contient en puissance le timbre de la voix. Ce timbre va s'enrichir ou s'appauvrir lors de son passage dans les cavités sus laryngées qui jouent le rôle de résonateurs et de filtres. Ces cavités : oropharynx, cavité buccale, fosses nasales sont intimement liées les unes aux autres, elles forment un système homogène et inséparable au point de vue de leur comportement physiologique et acoustique.

Des hypothèses différentes selon les auteurs sont émises pour expliquer le rôle de ces cavités :

Pour Lafon "le pharynx renforce les sons laryngés en groupes de résonance. Le spectre impulsif, atténué déjà dans les sons graves, est renforcé dans une zone qui deviendra le formant pharyngé, situé entre 200 et 300 C/S. Le résonateur buccal renforce une zone différente du résonateur pharyngé, qu'il étouffe. Les lèvres constituent un filtre par la variation d'ouverture du résonateur buccal".

Husson pense que les cavités bucco-pharyngées présentent une fréquence de coupure située entre 2 300 hertz et 2 500 hertz en moyenne. Pour les fréquences inférieures à la zone de coupure, les cavités fonctionnent comme des résonateurs. Ce sont elles qui créeraient les deux régions formantiques caractéristiques des sons vocaliques. Au-delà de la fréquence de coupure, il s'agirait de zones super formantiques, donnant à la voix son éclat. Pour Aubry et Vallancien\* "le pharynx joue le rôle d'un amplificateur qui adapterait l'impédance du générateur aux résonateurs sus jacents, et ceux-ci se comportent comme des filtres destinés à sélectionner les harmoniques composant le timbre vocalique". Ainsi les nombreuses possibilités du son laryngé sont exploitées par des filtrages successifs. Une grande variété de sons harmonieux est ainsi formée.

---

\* Encyclopédie O.R.L. : Physiologie de la phonation.



Nous avons vu comment s'opère la transmutation de l'onde initiale en voix ; nous allons maintenant analysé les phonèmes constituant le langage articulé qui rend compte de la modulation fournie par les résonateurs. Ces phonèmes représentent les différents sons ou bruits que peut produire la parole. Les sons, sont représentés par les voyelles ; les bruits sont représentés par les consonnes "sourdes" ; les consonnes "sonores" étant une combinaison de sons et de bruits.

## 2 - LES VOYELLES

Les voyelles ont été classées selon leur point d'articulation, celui-ci fait varier les dimensions respectives des cavités de résonance, et déterminent les caractéristiques de chaque voyelle. On distingue des voyelles orales et des voyelles nasales.

Parmi les voyelles orales : les antérieures labialisées ou délabialisées et les postérieures.

D'un point de vue acoustique, la voyelle est un son. En classant les voyelles selon leurs caractéristiques acoustiques on obtient une classification à peu près semblable à la précédente, ce qui met bien en évidence la relation entre le volume des résonateurs et le timbre du son émis.

Acoustiquement, les voyelles sont caractérisées par les harmoniques du son fondamental. Les harmoniques prépondérants sont appelés formants, on en distingue au moins deux par voyelle qui sont responsables du timbre particulier de chaque type vocalique. Généralement on admet, avec P. Delattre que le formant grave est pharyngé et le formant aigu est buccal. On retrouve, à l'analyse, d'autres formants qui déterminent des qualités secondaires du son vocalique.

Le formant est, par définition, un des harmoniques du ton fondamental ; or, dans la parole le ton fondamental varie d'un instant à l'autre. Il est donc impossible qu'il y ait toujours parmi les harmoniques de ce ton, le formant caractéristique de la voyelle. En fait, le formant n'est pas un ton unique mais toute une zone de fréquences. Il suffit que l'harmonique renforcé se trouve







dans cette zone, pour que le son ait le timbre voulu. Mais il devient alors évident que la fréquence du fondamental ne peut être augmentée indéfiniment ; avec un fondamental supérieur à 1 000 cycles par seconde, il n'est plus possible de prononcer les voyelles.

On distingue parmi les voyelles :

- Un type compact, dans lequel les deux principaux formants se trouvent au milieu du spectre, et un type diffus dans lequel les deux formants principaux sont nettement séparés l'un de l'autre.

Le triangle de Delattre (fig. 1) met en évidence les caractéristiques physiologiques et acoustiques des voyelles. On peut observer dans le sens vertical de haut en bas, la progression du degré d'ouverture des mâchoires et dans le sens horizontal, de la droite vers la gauche le degré d'antériorité du point d'articulation.

### 3 - LES CONSONNES

Contrairement aux voyelles qui sont dues à des vibrations périodiques, les consonnes sont des bruits, donc dues à des vibrations non périodiques. On peut les analyser en un certain nombre de courbes sinusoïdales, les partiels du bruit. Mais ces partiels ne sont pas des multiples entiers du ton fondamental.

La structure des consonnes est donc beaucoup plus complexe à analyser que celle des voyelles. On pourra cependant distinguer le caractère aigu ou grave d'une consonne, selon que ses partiels sont plus nombreux dans l'aigu ou dans le grave. Comme les voyelles, les consonnes sont classées selon leur point d'articulation, en :

- Occlusives : dues à l'occlusion momentanée du passage de l'air, réalisée :

- . soit par les lèvres : P- B
- . soit avec la pointe de la langue contre les dents et les gencives :  
T-D
- . soit avec le dos de la langue contre le palais dur ou le palais mou : K - G



On distingue parmi ces occlusives :

Les sourdes : P - T - K ?

pour lesquelles les cordes ne vibrent pas.

Les sonores : B - D - G

pour lesquelles il y a des vibrations vocales, ce sont des phénomènes apériodiques et mélodiques.

- Constrictives : l'écoulement de l'air est freiné en un point quelconque de la cavité oro-pharyngée

articulation rétro-alvéolaire : CH - J

resserement rétro-alvéolaire : S - Z

articulation labio-dentale : F - V

elles peuvent être sourdes : CH - S - F

ou sonores : J - Z - V

- Liquides : L : friction de l'air inspiré contre les bords de la région pré-palatale, c'est un phonème périodique, non mélodique.

R : post palatale presque vélaire ; éléments périodiques et non périodiques coexistent.

- Nasales : accompagnés d'un écoulement d'air par le nez : M - N - GN  
Elles correspondent aux occlusives orales : P - T - K. Elles sont généralement sonores.

---



### Chapitre III

#### EXPERIMENTATION.

---

#### A - MATERIEL UTILISE

=====

1 - Description : nous disposons de quatre appareils montés en chaîne.

a - Un microphone<sup>\*</sup>, statique à condensateur. Signalons que nous avons utilisé ce microphone en remplacement du microphone prévu avec le magnétophone, pour obtenir un enregistrement plus fidèle. Sa bande passante s'étend de 40 hertz à 6 000 hz à 1 décibel près.

b - Un magnétophone<sup>\*\*</sup>, semi professionnel, à quatre pistes, de bonne qualité, comportant quatre vitesses de déroulement.

Nous avons utilisé pour nos enregistrements la vitesse de 9,5 cm par seconde, vitesse suffisante pour une fidélité satisfaisante. La bande passante du magnétophone s'étend de 50 hz à 8 000 hz à 1 db près. Ce magnétophone a été muni d'un système de poulies permettant l'utilisation de boucles, nécessaires pour l'analyse des fréquences enregistrées.

c - Un analyseur de fréquences<sup>\*\*\*</sup>, qui permet d'analyser les composantes fréquentielles des sons et des bruits, depuis 22 hz, jusqu'à 45.000 hz.

---

\* Microphone Brüel et Kjaer type 4134.

\*\* Magnétophone Philips

\*\*\* Analyseur de fréquence de Brüel et Kjaer type 2112.



Il comprend un amplificateur interne, un système de filtres passe bande et un amplificateur externe.

Le filtre transforme un signal de fréquence quelconque, soit en ne laissant passer à la sortie que les fréquences supérieures à une certaine valeur (filtre passe haut) ou inférieures à cette valeur (filtre passe bas) ; valeur que l'on appellera, fréquence de coupure. Il peut aussi par combinaison, ne laisser passer que les fréquences comprises dans une certaine bande (filtre passe bande) ou ne rejeter que les fréquences comprises dans cette bande (filtre coupe bande). Un filtre réel a une courbe de réponse plus ou moins inclinée, d'autant plus raide que le filtre est de meilleure qualité. On détermine la bande par la distance des deux fréquences qui présentent une atténuation de six décibels par rapport à la fréquence nominale médiane de la bande passante.

Le fréquence-mètre utilisé, met à notre disposition deux possibilités de filtrage : filtrage étroit, par tiers d'octave, ou filtrage large, par octave.

Le bruit à analyser passe dans l'analyseur autant de fois qu'il y a de bandes de fréquences composant ce bruit ; pour chaque bande de fréquence on obtient une courbe d'intensité en fonction du temps. Par ailleurs on peut obtenir la courbe d'amplitude en fonction du temps pour l'ensemble des fréquences.

L'amplitude est objectivée par un déplacement vers la droite de l'aiguille du voltmètre (fig. 2).

#### d - Un enregistreur de niveau <sup>\*</sup> :

Il permet l'enregistrement graphique, sur papier gradué, des courbes d'amplitude mesurées par l'analyseur de fréquences. L'inscription est faite par une plume munie d'un encreur ou d'un stylet permettant l'inscription sur papier paraffiné. La vitesse de déroulement du papier est variable et offre de nombreuses possibilités : de 00003 mm/seconde à 100 mm/seconde. Si

---

\* Enregistreur Brüel et Kjaer Type 2305.



## SCHEMA DE L'ANALYSEUR DE FREQUENCE

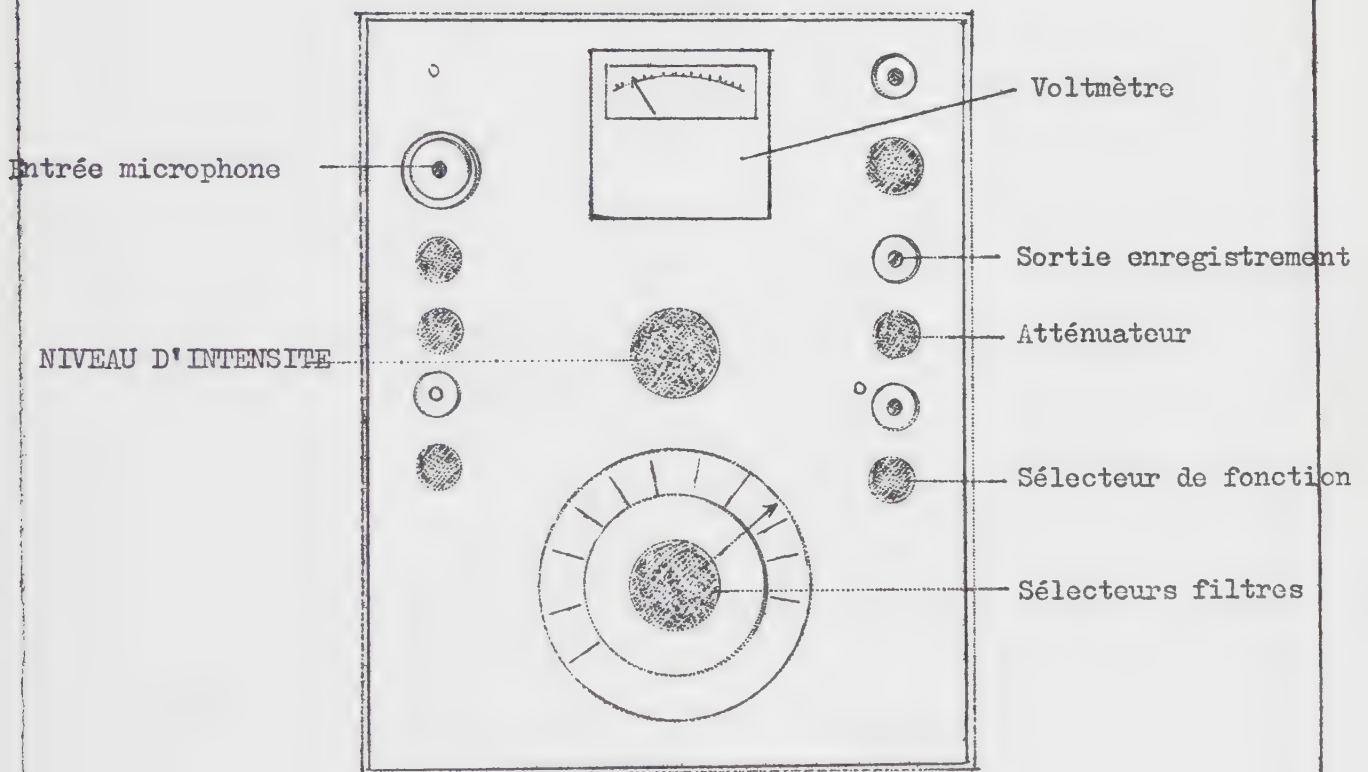


FIG. 2



on utilise les faibles vitesses, l'inscription du temps de déroulement de la boucle, qui est d'environ dix secondes, devient négligeable et on obtient une courbe de l'amplitude moyenne en fonction de la fréquence, pour la séquence sonore analysée.

Aux vitesses rapides on obtient une courbe de l'amplitude en fonction du temps pour chaque fréquence.

---



## 2 - Utilisation :

### Première opération : enregistrement des séquences sonores.

L'enregistrement a été fait dans une cabine insonorisée ; le microphone étant installé dans la cabine et le magnétophone à l'extérieur. La cabine était munie d'une fenêtre permettant à l'opérateur de communiquer avec le sujet.

Bien que le magnétophone utilisé comporte quatre pistes, nous n'avons utilisé que des bandes vierges sur une seule piste, pour éviter les effets de diaphonie lors de l'analyse.

Les sujets ont toujours été placés à trente centimètres du microphone. Le régulateur de volume n'a été utilisé que jusqu'à la graduation 3, sans jamais la dépasser, pour éliminer au maximum le bruit de fond.

Dans ces conditions d'enregistrement, à l'abri des perturbations du milieu extérieur, seule la qualité de la voix du sujet enregistré intervenait pour modifier les composantes d'une même séquence sonore.

Nous avons enregistré et analysé un grand nombre de séquences sonores : voyelles isolées, mots, phrases ; nous n'en avons conservé que peu pour notre étude ; uniquement quelques exemples illustrant les différentes possibilités d'utilisation de l'appareil en phonétique expérimentale. Les tâtonnements du début de nos expériences, leur durée relativement courte, et les caractéristiques de l'appareil ne nous ont pas donné la possibilité d'établir un véritable inventaire phonétique, comme il serait souhaitable de le faire.

### Deuxième opération : confection d'une boucle magnétique.

Comme nous l'avons dit précédemment, l'analyse des fréquences nécessite que la séquence sonore passe un grand nombre de fois (autant que de bande de fréquences enregistrées) dans l'analyseur. Nous avons donc monté pour chaque séquence une boucle magnétique qu'un petit dispositif très simple,



fixé sur le magnétophone, permettait de passer autant de fois qu'il était nécessaire.

Troisième opération : analyse proprement dite.

Le message sonore passe directement du magnétophone dans l'analyseur. Le voltmètre de celui-ci n'est utilisé que pour le repérage du niveau sonore ; si le niveau est insuffisant pour un enregistrement graphique, il est possible de diminuer l'intensité correspondant au 0 de la courbe.

Dans la mesure du possible nous avons évité ce genre de réglage qui semble modifier légèrement les courbes en faisant apparaître le bruit de fond. Nous avons préféré recommencer l'enregistrement dans les cas où le niveau sonore était trop faible, dans le but de supprimer au maximum les facteurs risquant de provoquer des artéfacts. Inversement, si le niveau sonore est trop élevé, la courbe se trouve chargée et plus difficile à lire.

Dans quelques cas il nous a semblé intéressant d'augmenter l'intensité correspondant au zéro de la courbe, pour faire apparaître seulement les amplitudes maxima.

Au premier passage de la séquence sonore, on analyse l'ensemble des fréquences, on obtient l'enveloppe du son, c'est-à-dire l'amplitude du son en fonction du temps. Puis à chaque nouveau passage de la boucle on explore une nouvelle bande du filtre. Nous avons choisi dans tous les cas les filtres variant de tiers d'octave en tiers d'octave qui permettent une analyse plus fine.

Nous avons utilisé deux vitesses de déroulement du papier enregistreur :

- une lente : 0,3 mm/s qui donne un graphique de l'amplitude en fonction de la fréquence
- une rapide : 10 cm/s qui donne une courbe de l'amplitude en fonction du temps pour chaque fréquence analysée.



## B - METHODE DE RECHERCHE et RESULTATS

=====

### 1 - Etude en deux dimensions.

C'est la première possibilité d'utilisation de l'appareil. Elle permet d'étudier un phonème isolé ou éventuellement une syllabe ou un mot très court contenant plusieurs phonèmes semblables.

Le déroulement du papier se fait à une vitesse très lente, nous avons choisi 0,3 mm/s. Le phonème étant émis en moins d'une seconde, le temps d'émission est représenté sur le graphique par 2 ou 3 dixièmes de millimètre, ce qui est négligeable étant donné l'épaisseur du trait. On obtient donc une représentation de l'intensité en fonction des fréquences. A chaque passage du phonème, le stylet enregistreur va inscrire un trait vertical, d'autant plus long que l'intensité sonore est plus importante dans la fréquence analysée. Les traits verticaux sont séparés les uns des autres par, environ 3 millimètres puisque le temps de rotation de la boucle magnétique est de dix secondes. Ce type d'analyse est très simple et très rapide à exécuter.

Il suffit de construire une boucle magnétique pour chaque phonème ; l'enregistrement sur papier se fait ensuite en quelques minutes. Mais il présente aussi des inconvénients ; en effet on analyse un phonème isolé peu fréquent dans le langage courant ; on ne peut tenir compte des modifications que lui font subir dans une séquence les phonèmes précédents et les phonèmes suivants, l'intonation... Cependant cette étude permet de retrouver les caractéristiques fréquentielles des différents phonèmes. Nous donnons ici quelques uns des résultats obtenus ; nous avons choisi pour cette première étude, les trois voyelles fondamentales A, I, et OU, occupant les trois sommets du triangle de Delattre.

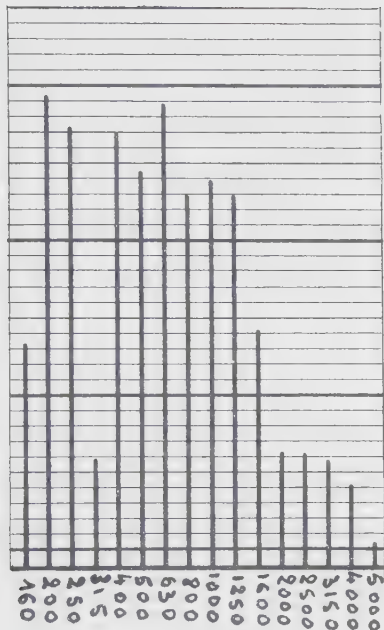
#### VOYELLE A antérieur (de patte) : Figure 3

Est caractérisée sur le plan acoustique par un large résonateur unique ; les deux résonateurs buccal et pharyngé sont d'un volume presque égal. Les deux formants sont très proches l'un de l'autre, on peut difficilement les individualiser, leur partie caractéristique se trouve en-dessous de 1 200 à 1 300 hertz. Ce spectre est caractéristique des voyelles de type compact. Sur nos enregistrements, nous retrouvons ces caractéristiques du "A".

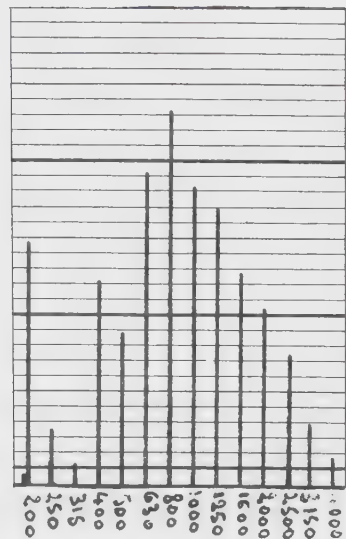


# Voyelle a

A



B



C

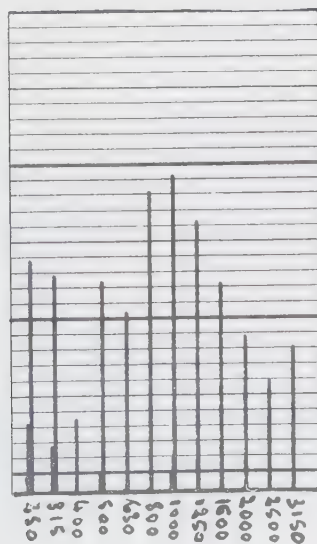


FIG 3



Ces voyelles ont été émises par :

A : adulte de sexe masculin

B : adulte de sexe féminin

C : enfant de 8 ans, sexe féminin

- Le fondamental : entre 160 et 250 cycles/seconde pour le premier ; 200 pour le second ; 250 pour le troisième.

- Dans les trois cas nous retrouvons une zone formantique large, dans laquelle il est impossible d'individualiser deux formants distincts. Cette zone est située de part et d'autre de la fréquence 600, pour le premier ; de la fréquence 800 pour le second ; de la fréquence 1 000 pour le troisième.

#### VOYELLE I : Figure 4.

Est caractérisée par un grand résonateur postérieur et un petit résonateur antérieur. Au vaste résonateur pharyngé correspond une zone formantique grave ; au petit résonateur buccal correspond une zone formantique aiguë. Ces deux zones formantiques sont considérablement espacées sur l'échelle des fréquences ; cet espacement caractérise les spectres de type diffus. Le formant grave est aux environs de 250 hertz, le formant aigu aux environs de 2 500 hertz.

Ces caractéristiques peuvent être observées, sur les trois enregistrements que nous présentons. La voyelle a été émise comme précédemment, par : un adulte de sexe masculin (A), un adulte de sexe féminin (B), et un enfant (C).

- Le fondamental, est, dans le premier cas, à 160 hertz ; la zone formantique grave est assez étalée, mais avec une intensité nettement plus importante pour les fréquences 200 et 250. Le formant aigu est nettement distinct s'étalant entre 2 500 et 4 000.

Dans le second cas, le fondamental est à 200 ; la zone formantique grave est beaucoup moins étalée que dans le cas précédent, elle ne dépasse pas la fréquence 500. Le formant aigu nettement distinct s'étale entre 2 500 et 4 000.

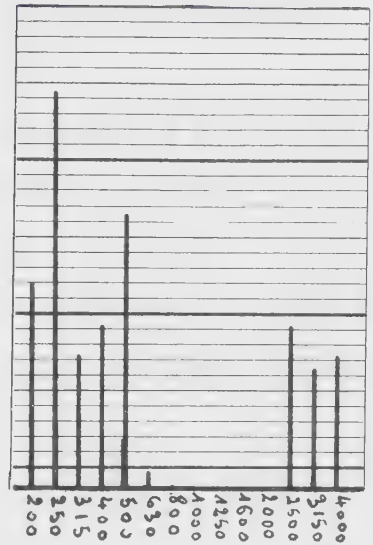


# VOYELLE L

A



B



C

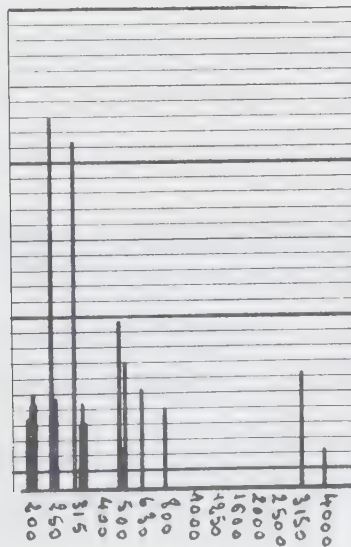


FIG 4



Dans le troisième cas, le fondamental est à 250 hertz environ. Le formant grave est vers 500. Le formant aigu est situé entre 3 150 et 4 000.

VOYELLE OU : Figure 5.

Est typique de la série des voyelles à résonateurs équilibrés en deux grandes cavités séparées par une constriction. Le spectre acoustique est pauvre en harmoniques. Les deux formants sont graves et assez rapprochés, aux environs de 250 et de 750 hertz. Il s'agit d'une voyelle de type diffus et grave.

Sur nos trois enregistrements faits comme précédemment par : un adulte masculin, un adulte féminin, et un enfant ; nous retrouvons ces caractéristiques de façon approximative.

Dans la première figure, le fondamental est entre 200 et 250 hertz. Le formant grave se situe entre 400 et 500 ; le formant aigu vers 800. Les deux formants sont donc nets et bien situés.

Dans la deuxième figure le fondamental est entre 200 et 250 les deux formants grave et aigu sont difficiles à distinguer.

Dans le troisième cas, le fondamental est aux environs de 315 ; le premier formant vers 630 ; le second vers 1 000.

Dans les trois cas la pauvreté en harmoniques est évidente.

Nous avons essayé, d'autre part, d'utiliser cette méthode pour l'analyse de mots très brefs. En fait, il s'agit d'une analyse très incomplète mais qui peut être intéressante. (Figure 6).

a - Dans le cas de séquences monosyllabiques ou dissyllabiques, dans lesquels les deux syllabes sont identiques, on obtient l'amplitude moyenne pour chaque fréquence contenue dans la séquence sonore. Il est possible de rechercher ainsi l'influence de la consonne sur le spectre fréquentiel de la voyelle.

Dans les deux graphiques que nous présentons il s'agit de consonnes qui sont des occlusives sourdes qui ne modifie guère le spectre de la voyelle.



VOYELLE

u

A



B



C



FIG 5



Les mots enregistrés sont ;

- papa : pour lequel on retrouve le spectre compact, caractéristique du A
- qui : pour lequel on retrouve bien les deux formants distincts grave et aigu caractérisant le type diffus du I.

b - Par extension l'analyse globale d'un mot est intéressante pour connaître les composantes fréquentielles de ce mot, lorsque l'on désire l'utiliser dans un test auditif.

## 2 - Etude en trois dimensions :

C'est une deuxième possibilité d'utilisation de l'appareil, qui permet d'étudier une séquence complète. Les phonèmes se trouvent ainsi dans le contexte habituel, et leur étude s'en trouve plus intéressante. Mais les manipulations sont plus nombreuses et complexes que dans le cas précédent.

### a - Mode d'utilisation :

Comme dans le premier cas, il faut monter une boucle magnétique pour chaque phrase étudiée. La durée de déroulement de la boucle est de dix secondes ; la phrase ne devra donc pas avoir une durée supérieure à neuf secondes environ, pour que le collage de la boucle ne gêne pas l'analyse. Cette durée est d'ailleurs largement suffisante pour étudier une phrase, sans devoir modifier le débit ; on peut étudier jusqu'à trente syllabes.

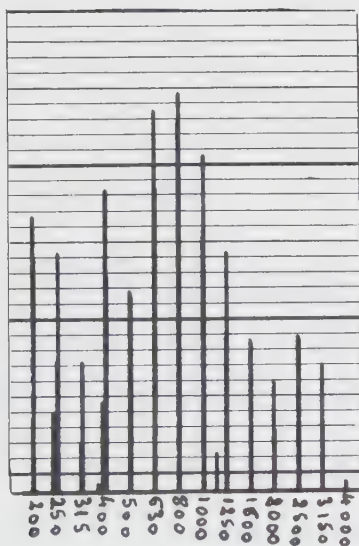
- L'enregistrement se fait comme précédemment ; seule la vitesse de déroulement du rouleau enregistreur est modifiée. Nous avons choisi la vitesse la plus rapide, soit 100 millimètres par seconde. Nous obtenons pour chaque fréquence une courbe de l'intensité en fonction du temps. Les graphiques se trouvent inscrits les uns à la suite des autres sur le papier enregistreur.

- La difficulté majeure est la lecture de ces graphiques. En effet pour chaque phrase analysée, on obtient une bande de papier d'environ quinze à vingt mètres. L'analyse des graphiques n'est pas possible dans ces conditions. Nous avons choisi de superposer les graphiques les uns au-dessus des autres, on obtient ainsi dans le même plan vertical les différentes intensités par fré-



# SEQUENCES MONO ET DI SYLLABIQUES

pa pa



kl

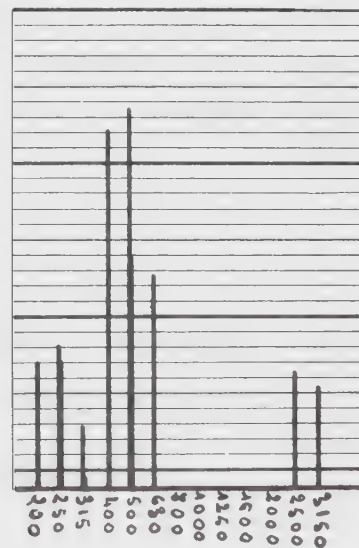


FIG 6



quence pour un même phonème. Mais pour ce montage nous nous sommes heurtées à une nouvelle difficulté : la détermination du début de la phrase. En effet le premier phonème ne contenant pas en général toutes les fréquences, nous ne possédons aucun repère précis du début de la phrase pour chaque fréquence.

Nous avons essayé d'utiliser une première méthode : nous avons déterminé la distance exacte séparant les points d'attaque de la phrase, dans deux enregistrements successifs faits en linéaire, c'est-à-dire l'analyse de l'intensité moyenne en fonction du temps ; ensuite nous avons reporté cette distance autant de fois que de fréquences enregistrées, obtenant ainsi le début de la phrase. En fait cette méthode n'est pas assez précise. Après montage il existait des décalages minimes mais très gênants pour la lecture des graphiques.

Nous avons donc adopté une seconde méthode : nous avons incorporé dans la boucle magnétique un ou deux centimètres de bande sur laquelle avait été enregistrée du bruit blanc. Ainsi pour toutes les fréquences nous avons obtenu un signal à peu près identique. En superposant tous ces **signaux** nous sommes certains que pour chaque phonème les enregistrements dans les diverses fréquences sont superposés.

#### b - Le matériel phonétique :

Nous avons choisi une phrase que nous avons eu l'occasion d'étudier sur un sonographe à l'Institut de Phonétique de l'Université de Paris :

"Ce petit port de pêche est pittoresque"

Cette phrase contient plusieurs occlusives qui ont été des points de repère fort utiles pour des analyses encore mal codifiées. Nous en avons analysé d'autres que nous ne présentons pas ici, car leur analyse est plus complexe.

Nous avons fait énoncer cette phrase par un adulte du sexe masculin, un adulte du sexe féminin, et un enfant. Nous allons exposer les renseignements que nous avons tirés de ces analyses ; il est certain qu'une plus grande expérience permettrait de tirer des conclusions plus intéressantes.

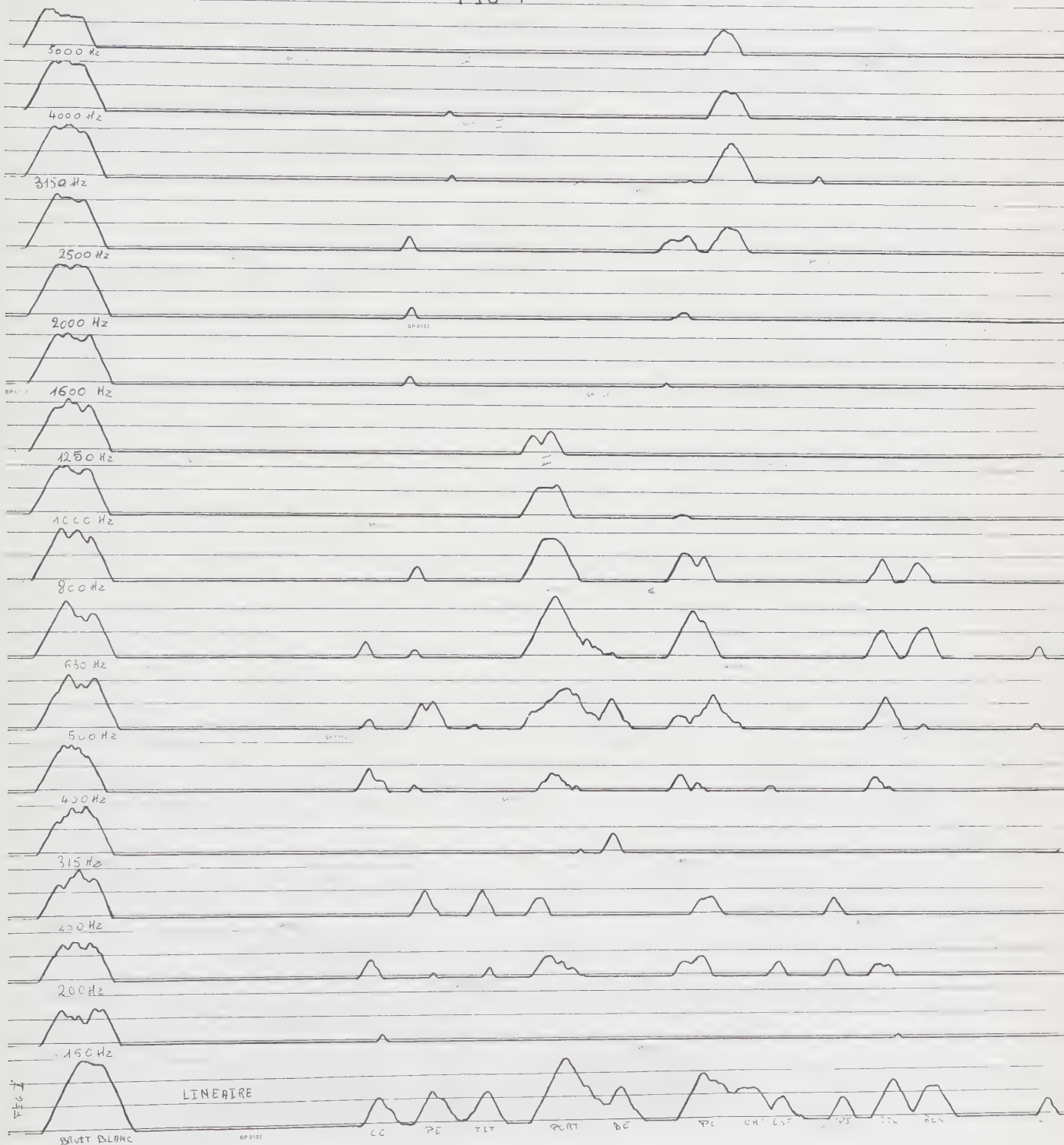
#### c - Analyse des résultats :

##### PREMIER GRAPHIQUE (Figure 7)

- Courbe d'enveloppe : on peut distinguer les groupes phonétiques



FIG 7





constituant les syllabes, mais il n'est pas toujours possible de séparer nettement consonne et voyelle de la même syllabe. Cependant pour les occlusives l'amplitude est à zéro, ce qui permet de les repérer assez facilement. C'est pour cette raison que nous avons choisi une phrase contenant plusieurs occlusives. On observe des courbes d'amplitude distinctes pour : CE, PE et TI. La séquence PORT DE, est représentée par une courbe unique avec chute d'intensité à la fin de port, mais sans atteinte du zéro ; puis remontée pour de.

La séquence suivante "péch' est", a une intensité toujours supérieure à zéro. On peut distinguer un premier "pic" correspondant à "pê" ; la seconde partie comporte deux sommets, que l'on pourrait interpréter comme étant consonne et voyelle. On observe ensuite un sommet pour "pi", puis une courbe correspondant à "tores" ; le "r" a une amplitude faible mais non nulle. L'amplitude devient ensuite nulle, ce qui correspond à la chute de la voix en fin de phrase ; on remarque un sommet de faible amplitude correspondant au "que".

Après avoir distingué les différentes séquences, on peut étudier leur amplitude relative qui permet de savoir comment la séquence a été prononcée : "ce" qui est l'attaque de la phrase, est d'intensité moyenne.

L'intensité augmente légèrement pour "pe" et "ti". "Port" est dit à voix forte : la voix tombe pour "de". La séquence "péch'est", est dite à voix forte, mais un peu plus faible que pour port. La voix tombe à la deuxième syllabe. "Pi" est bien distinct, d'intensité assez faible. L'amplitude remonte pour "tores". Les deux syllabes sont à peu près égales. Puis l'amplitude tombe à zéro en fin de phrase, on ne distingue qu'un petit pic correspondant au "que".

. Le fondamental est aux environs de 160 Hz pour "ce" et pour "tor", de 200 Hz pour le reste de la phrase.

. Etude des voyelles ; nous avons à étudier :

Trois "à", dans "ce", "pe" et "de".

Deux "i", dans "ti" et "pi"

Deux "ɔ", dans port et tor

Deux "ɛ", dans "pè" et "res"

Un "e", dans "ché"



ø

dans "CE" : le fondamental est entre 160 et 200 Hz

Le formant grave vers 400 ; en fait il existe une zone fréquentielle de 400 à 630 Hz, mais l'intensité est maxima pour 400 Hz.

On ne retrouve pas de formant aigu ; l'intensité trop faible en est sans doute la cause.

dans "PE" : le fondamental est situé entre 200 et 250.

Le formant est situé entre 500 et 800.

Le formant aigu est visible entre 1 600 et 2 500.

dans "DE" : le fondamental est situé vers 315 Hz ; il est confondu avec le formant grave.

Le formant aigu se trouve entre 500 et 630.

ï

dans "TI" : le fondamental sert de formant grave ; il est situé entre 200 et 250 Hz.

Le formant aigu est de faible intensité mais il est bien distinct aux fréquences 3 150 et 4 000.

dans "PI" : le fondamental, situé entre 200 et 250 sert de formant grave.

Le formant aigu est visible à 3 150 Hz.

ü

dans "PORT" : il est difficile à distinguer du "R"

Le fondamental est entre 200 et 300 Hz.

On observe une zone formantielle étendue de 400 à 1 250 ; les deux formants ne peuvent être distingués l'un de l'autre, ce qui correspond aux voyelles de type compact.

dans "TOR" : le fondamental est situé entre 160 et 200 Hz.



Comme dans le cas précédent, on observe une zone fréquentielle mais elle est un peu moins étendue ; elle s'étale entre 400 et 800 Hz.

L'intensité plus faible explique ce fait.

ε

dans "Pè" : le fondamental est entre 200 et 250.

Le formant grave s'étend de 400 à 800 Hz

Le formant aigu s'étend de 2 000 à 2 500.

dans "Rè" : il est difficile à analyser.

On ne retrouve une amplitude que pour les fréquences, 500, 630 et 800. On peut expliquer ce fait par la diminution d'intensité en fin de phrase et l'influence du "s" qu'on ne peut dissocier du "è".

e

dans "CHé" : il est très difficile à analyser.

Le fondamental est à 200 Hz.

Le formant grave est à 400 Hz.

Il n'y a pas de formant aigu distinct ; on peut penser qu'il se confond avec les composantes aiguës du "CH".

#### . Etude des consonnes

La séquence étudiée contient plusieurs occlusives sourdes qui sont traduites sur le graphique par des silences.

"D" : occlusive sonore, a une amplitude non nulle que l'on peut observer aux fréquences 500 et 630.

"S" : dans " " et dans "res" : on ne retrouve pas de composantes aiguës comme on pourrait s'y attendre ; ceci est expliqué par l'intensité trop faible en début et en fin de phrase.



"CH" dans "pêche" : on retrouve très nettement des composantes aiguës de forte intensité, entre 2 500 et 5 000 Hz.

"R" dans "port" : est difficile à analyser. On peut sans doute lui attribuer le deuxième sommet d'amplitude que l'on observe à 1 250 Hz dans "tor" : on ne peut le distinguer du "O".

#### DEUXIEME GRAPHIQUE (Figure 8) adulte, sexe masculin

. Courbe d'enveloppe : La durée de la séquence est un peu plus courte que précédemment. On distingue les groupes phonétiques suivants :

"Ce" a une intensité assez forte, une durée comparable au premier cas. On note un double sommet ; on peut interpréter, le premier comme correspondant au "S", le second au "E".

"Pe" a une amplitude beaucoup plus forte, qui correspond à un accent d'expression, dû au léger accent du sujet.

Pour "Ti", l'intensité diminue fortement. Il n'y a pas de niveau zéro correspondant au "t".

La séquence "Port de", est caractérisée par deux sommets ; le premier correspond au "o" ouvert, le second au "de". Le minimum d'intensité, situé entre les deux sommets correspond au "r".

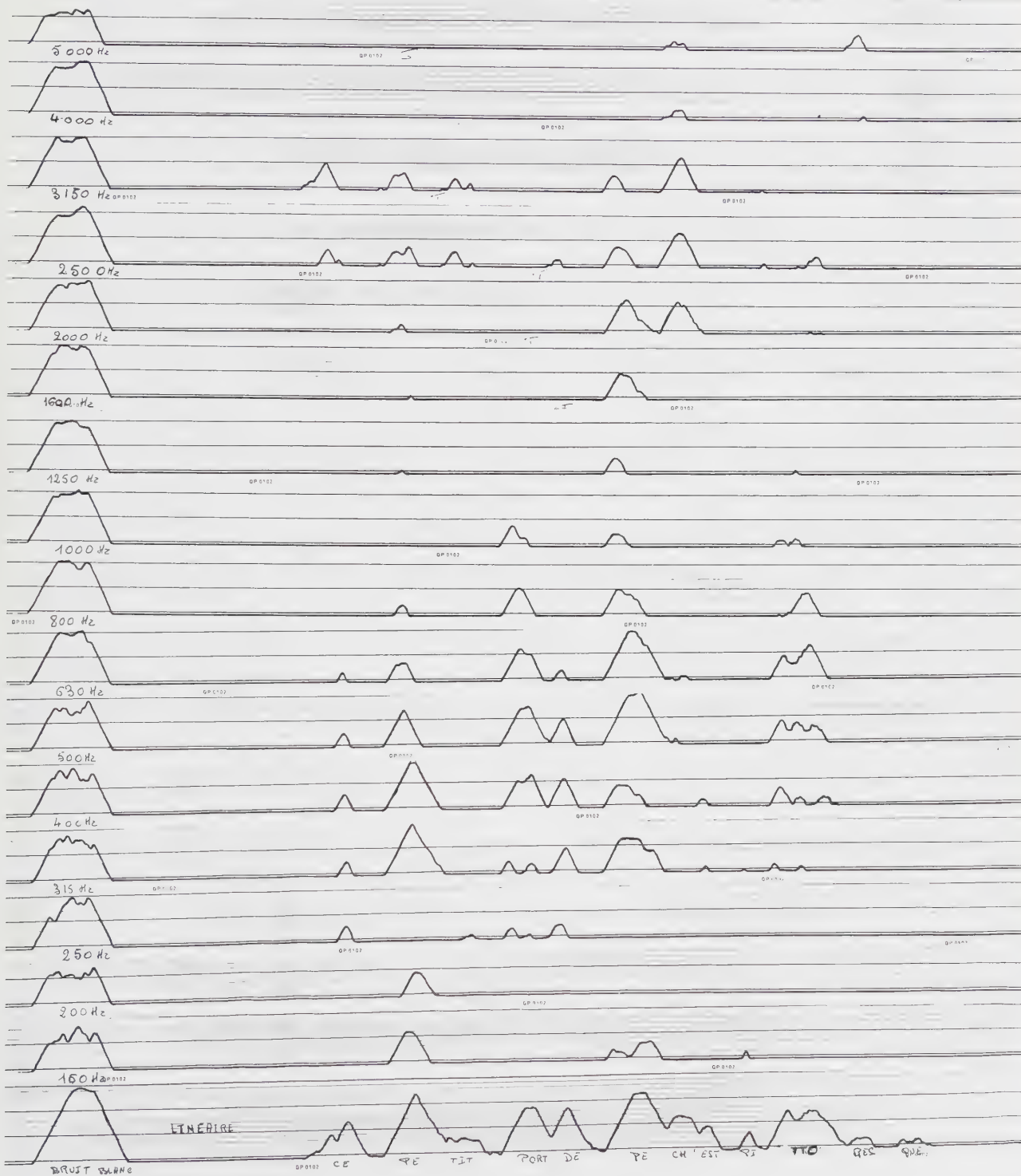
La séquence "Pêch est" : "pê" est énoncé à voix forte, l'amplitude est importante ; la voix tombe pour "ch'est". On note pour cette séquence deux sommets correspondant respectivement, à "ch" et à "est".

Le niveau sonore descend à zéro ce qui objective l'occlusive sourde "p" ; il existe une amplitude faible pour le "i".

De nouveau, le niveau zéro correspond à une occlusive sourde "t". La séquence "torres" est difficile à analyser. On note un premier sommet pour le "o" ; un second correspond au "è". L'intensité diminue considérablement en raison de la chute de la voix en fin de phrase. On observe cependant deux petits sommets pour "s" et "que".



FIG. 8





Nous avons pu ainsi analyser toutes les séquences phonétiques ; l'étude de l'amplitude nous donne un reflet assez exact de l'intonation.

. Le fondamental : est variable, entre 160 et 315 Hz. Dans l'ensemble il est plus grave que dans le cas précédent.

. Etude des voyelles : nous suivrons le même plan que pour le cas précédent.

2

dans "CE" : le fondamental est à 250 Hz

Le formant grave est situé vers 500 Hz. Il n'existe pas de séparation nette entre les deux.

Le formant aigu est de très faible intensité, il est marqué par le deuxième sommet visible à la fréquence 2 500, le premier étant dû au "s".

dans "PE" : le fondamental est entre 160 et 250 Hz.

Le formant grave est étalé entre 315 et 800 Hz.

Le formant aigu est situé entre 2 000 et 3 150 Hz. La forte intensité explique que ces formants apparaissent pour un plus grand nombre de fréquences.

dans "DE" : le fondamental est entre 250 et 315 Hz.

Le formant aigu est situé vers 500 Hz, mais il est difficile de distinguer avec précision fondamental et premier formant.

Le formant aigu est visible à 2 500 Hz.

On retrouve donc les mêmes caractéristiques dans les trois cas, les quelques variations peuvent être attribuées aux différences d'intensité.

3

dans "TI" : dans les fréquences graves, on ne note une amplitude, qu'à 250 qu'on peut interpréter comme fondamental et formant grave confondus.

Le formant aigu est net à 2 500 et 3 150 Hz.



"dans "PI" : le fondamental est très élevé, vers 315 à 400 Hz.

Le formant grave, mal individualisé, est vers 630 Hz.

Le formant aigu, de faible intensité, est visible à 2 500 à 3 150 Hz.

o

dans "PORT" :

On observe une large zone fréquentielle s'étendant de 250 à 1 000 Hz dans laquelle on ne peut pas véritablement distinguer le fondamental et les formants, mais qui caractérise bien la voyelle de type compact qu'est "o" ouvert.

dans "TOR" : On note aussi une large zone fréquentielle s'étendant de 315 à 1 000 hertz.

e

dans "PE" : l'intensité est forte ; on retrouve une amplitude dans un grand nombre de fréquences.

Le fondamental est situé à 160 Hz.

Puis on observe une large zone formantique, avec cependant deux maxima d'amplitude, vers 630 et 2 000-2 500 Hz.

dans "RE" : est difficile à analyser, étant donnée l'intensité faible.

Fondamental et formant grave ne sont pas séparés, ils sont situés dans une zone s'étendant de 400 à 1 000 Hz.

On observe un formant aigu, distinct, à 2 500 Hertz.

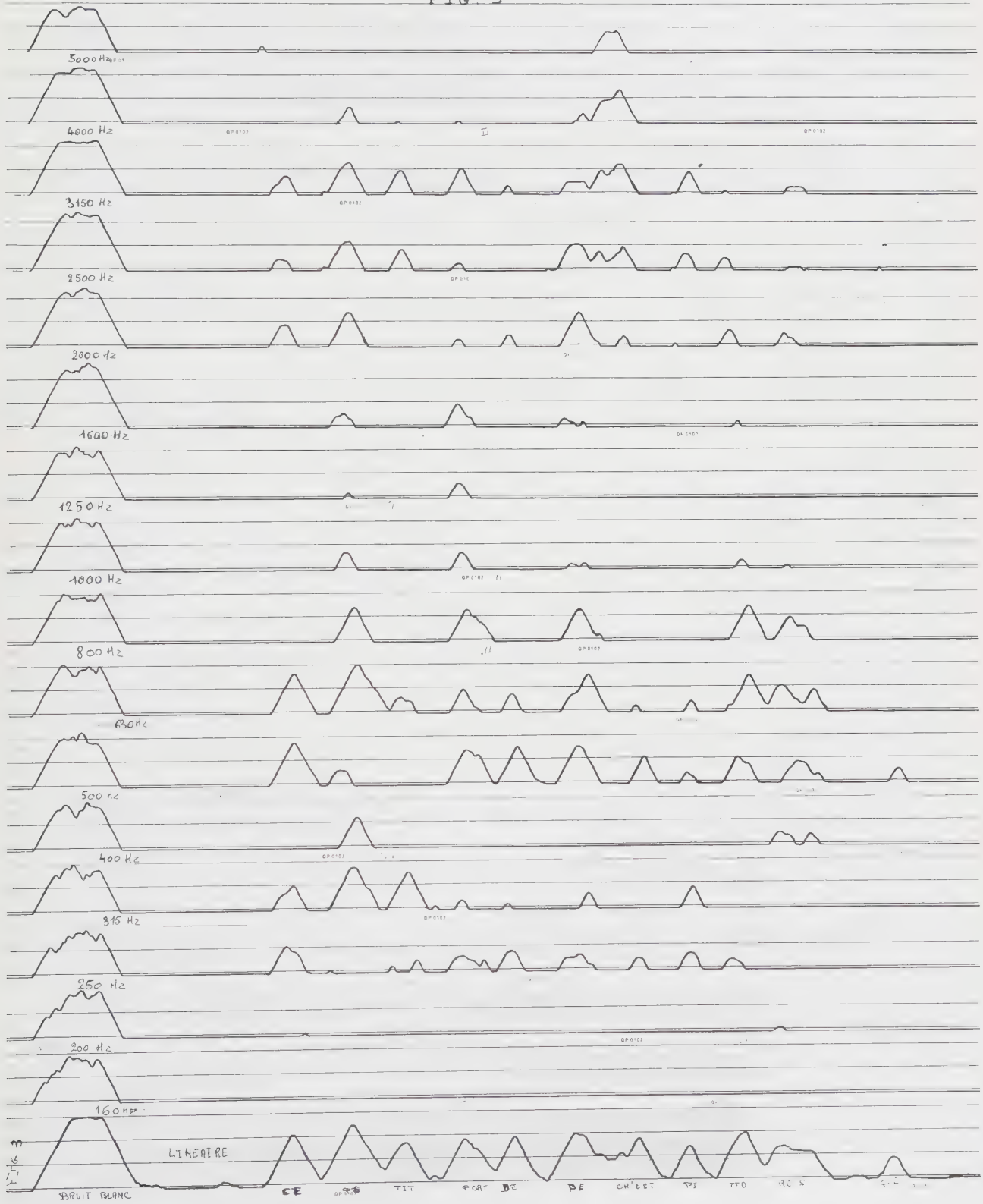
e

dans "CHE" : est très difficile à analyser.

On retrouve une amplitude non nulle à 315 et à 4 00 Hz. Le fondamental et le formant grave sont probablement confondus. Le formant aigu n'est pas visible, il est sans doute masqué par le "ch".



FIG. 9





. Etude des consonnes.

On peut formuler les mêmes remarques que dans le cas précédent à propos des occlusives. Il faut noter cependant, que l'on n'observe pas de retour au zéro pour le "t" de petit, en raison de la forte intensité du "pe". La consonne sonore "D", ne se différencie pas des occlusives sourdes.

"S" dans ce : aux fréquences 2 500 et 3 150, on observe une amplitude caractéristique de cette sifflante.

dans "res" : malgré la faible intensité, on observe des fréquences aiguës caractéristiques à 4 000 et 5000 Hz.

"CH" : il existe une large bande fréquentielle aiguë caractérisant le ch, entre 2 000 et 5 000 Hz.

"R" dans "port" : est très difficile à analyser. On peut lui attribuer le deuxième sommet de la séquence "port de" que l'on observe pour les fréquences 250, 315, 400, 630 et 1 000.

dans "tor" : on peut aussi lui attribuer le deuxième sommet de la séquence "toresque", que l'on observe pour les fréquences 315, 400, 500 et 1 000 Hz.

TROISIEME GRAPHIQUE - Figure 9 , enfant 8 ans, sexe féminin.

. Courbe d'enveloppe :

Nous pouvons étudier comme dans les autres cas, le découpage de la phrase. Nous constatons que l'amplitude est assez uniforme pour toutes les séquences sonores, ce qui correspond au ton assez monotone de la voix.

D'autre part, le niveau sonore est rarement nul, probablement parce que l'explosion des occlusives est moins nette chez l'enfant,

On distingue bien cependant les diverses séquences : CE-PE-TI-PORT-  
Le DE est plus nettement détaché de port que dans les exemples précédents. Les deux sommets correspondant au è de "pè" et au é de "ch'est", sont reliés par



une zone de transition de moindre intensité, correspondant au ch. Les séquences "PI" et "TORES" sont bien détachés. Le s est représenté par un plateau, qui suit le sommet de "è". L'intensité diminue à la fin de la phrase, l'amplitude est plus faible pour "res". Le niveau sonore tombe au zéro pendant plusieurs fractions de secondes, puis on observe un petit sommet correspondant au "que".

. Le fondamental : est plus élevé que dans les cas précédents, il est situé entre 250 et 315 hertz.

. Etude des voyelles :

ø

dans "ce" le fondamental est entre 250 et 315 Hz.

Le formant grave est entre 500 et 630 Hz

Le formant aigu est situé entre 2 500 et 3 150 hertz.

Ces trois zones sont bien distinctes les unes des autres.

dans "PE" : on observe une large zone fréquentielle continue de 315 à 4 000, avec des maxima d'intensité qui correspondent : au fondamental (315), et aux formants (630 et 2 000 à 3 150).

dans "DE" : le fondamental est situé vers 250 Hz

Le formant grave est situé vers 500 Hz le formant aigu vers 2 000 Hz. On peut noter un formant supplémentaire bien distinct vers 3 150 Hz.

l

dans "TI" : le fondamental est à 315 Hz

Le formant grave est à 630 Hz.

Le formant aigu est situé entre 2 500 et 3 150 Hz.

dans "PI" : le fondamental est entre 250 et 315 Hz.

Le formant grave est situé entre 500 et 630 Hz.

Le formant aigu est situé entre 2 500 et 3 150 Hz.



o

dans "PORT" : le fondamental est à 250 c/s.

On observe ensuite une zone formantielle étalée de 500 à 3 150 hertz dans laquelle on ne peut distinguer de façon précise les deux formants ; ce qui correspond bien au type compact de la voyelle étudiée.

dans "TOR" : ici au contraire on ne retrouve pas ce type compact, on distingue nettement deux formants. Le sujet a prononcé un "o" presque complètement fermé. Le fondamental est à 250 Hz. Le formant grave entre 500 et 1 000 Hz. Le formant aigu entre 2 000 et 2 500 Hz.

e

dans "PE" : on retrouve le fondamental entre 250 et 315 Hz.

Le formant grave est entre 500 et 800 Hz.

Le formant aigu entre 1 600 et 4 000 Hz.

dans "RE" : fondamental et formant grave sont confondus dans la zone qui s'étend de 400 à 800 Hz. On note un formant aigu visible pour une seule fréquence : 2 000 hertz.

e

dans "CHE" : il est plus facile à analyser que dans les exemples précédents.

Le fondamental est à 250 hertz. Le formant grave à 500.

Le formant aigu est en partie confondu avec le ch ; mais s'en distingue pour certaines fréquences pour lesquelles on peut observer un deuxième sommet.



• Etude des consonnes.

Les occlusives sourdes sont moins nettes que dans les cas précédents ce qui correspond bien à la prononciation de la phrase dans laquelle elles étaient peu explosives. Le "D" ne se distingue pas des occlusives sourdes.

"S" dans "CE" : pour les fréquences 2 000 à 3 150 les amplitudes sont dues au S et au E confondus. A la fréquence 5 000, on note un petit sommet dû au S, qui n'occupe pas la première partie de la durée du "CE".

dans "RES" : On observe nettement des composantes aiguës à 2 500 et 3 150 hertz. Pour les fréquences qui s'étendent de 400 à 800 hz il semble exister un deuxième sommet après le è dont la signification nous échappe.

"CH" dans peche : on observe une large bande fréquentielle s'étendant de 2 000 à 5 000 hertz.

"R" est très difficile à analyser. Dans port on observe un petit sommet aux fréquences 250 et 500 qui correspond probablement au "R".

---



AU TOTAL :

L'étude de ces graphiques nous a montré que :

- L'enveloppe : visualise la phrase étudiée. On peut mesurer sa durée la diviser en séquences, connaître en partie, la façon dont elle a été prononcée grâce à l'amplitude relative des différentes séquences.

- L'analyse des phonèmes.

Pour les voyelles on retrouve approximativement les formants caractéristiques, avec quelques variations individuelles et des modifications dues aux phonèmes précédents ou suivants ; dans notre étude ce sont : S - CH - R -

Les consonnes sont plus difficiles à analyser ; cependant on retrouve une image caractéristique assez constante pour le S et le CH, et pour les occlusives.

La hauteur du fondamental permet de reconnaître avec une quasi certitude les voix d'homme, de femme et d'enfant.

Nous n'avons pas mesuré avec précision les amplitudes ; en effet notre étude ne porte que sur un trop petit nombre de cas pour que nous puissions trouver des résultats valables, mais il est certain qu'une étude statistique portant sur un grand nombre de cas pourrait donner des valeurs de référence qui rendrait l'étude beaucoup plus rigoureuse.

Il est à noter que nous n'avons jamais enregistré de fréquences en-dessous de 160 hertz et au-delà de 6 000 hertz, ce qui est probablement dû à la qualité médiocre du magnétophone dont nous disposions.

---



## C O N C L U S I O N

Nous pensons que l'étude de ces quelques exemples a mis en évidence les possibilités d'utilisation de cet appareil en phonétique.

Il donne un spectre caractéristique des voyelles isolées qui est facile à lire. Dans l'étude en trois dimensions nous obtenons une image de la "matière sonore" qui correspond bien à ce que notre oreille appréhende.

Nous allons exposer rapidement les inconvénients et les avantages de la méthode ; si nous prenons souvent comme référence le sonagraphe, c'est qu'il est l'analyseur de fréquences le plus utilisé actuellement en phonétique.

### - Les inconvénients.

. Le spectre fréquentiel des phonèmes ne peut être obtenu que pour des phonèmes isolés. Avec le sonagraphe au contraire il est possible de faire des sections et d'obtenir le spectre en deux dimensions d'un phonème émis dans une phrase. Cependant on peut pallier à cet inconvénient de notre analyseur en reportant sur un graphique à deux dimensions, les amplitudes obtenues pour un phonème dans le graphique à trois dimensions.

. Les manipulations à exécuter pour construire un graphique à trois dimensions sont longues et délicates ; mais on a l'avantage d'obtenir un graphique clair et d'emblée de bonne qualité.

. Les transitions ne nous paraissent pas très faciles à analyser. Dans les sonagrammes, au contraire, leur étude fournit des renseignements intéressants. Mais nous pensons qu'une plus grande habitude de ces lectures pourrait mettre en évidence les caractéristiques de ces transitions.



- Les avantages

. Nous avons la possibilité d'analyser une phrase de neuf secondes environ, ce qui pratiquement ne limite pas l'analyse. Avec le sonagraphe au contraire le temps limite de 2,4 secondes est très gênant. Si nous considérons la séquence étudiée "ce petit port de pêche est pittoresque" nous constatons que dans les trois enregistrements présentés la durée dépasse 2,4 secondes. Pour l'analyser au sonagraphe il est donc nécessaire de rendre le débit plus rapide, de qui d'emblée modifie les conditions naturelles.

. L'échelle logarithmique des fréquences permet d'analyser aisément les fréquences jusqu'à 1 000 Hz. L'échelle du sonagraphe est linéaire, toutes les fréquences jusqu'à 1 000 Hz se trouvent condensées, ce qui rend l'analyse difficile et peu précise.

. La précision de l'appareil, qu'en fait nous n'avons pas exploitée dans notre étude, sera très précieuse pour une étude faite sur une plus grande échelle.

. La possibilité d'analyser de fréquences très basses et très élevées pourrait apporter de très utiles renseignements, en particulier dans le domaine de la compréhension du langage pour le sourd ; mais il est nécessaire d'avoir un magnétophone d'excellente qualité.



Vu, le Président de Thèse :

Vu, le Doyen de la Faculté :

Pr. AUBRY

Pr. G. BROUET

Vu et Permis d'Imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris

Jean ROCHE



## BIBLIOGRAPHIE

- 1 - BERG J.W. :  
Aspects physiologiques et physiques de la formation de la voix.  
Journal Français d'O.R.L. n° 3 - 1957.
- 2 - S. BOREL-MAISONNY :  
Audition et phonation.  
J. Français O.R.L. N° 3 - 1957.
- 3 - S. BOREL-MAISONNY :  
Investigations complémentaires sur la nature des phonèmes  
et leur audition.  
J. Français d'O.R.L. n° 2 - 1958.
- 4 - S. BOREL-MAISONNY :  
L'audiogramme phonétique  
Journal Français d'O.R.L. n° 1 - 1958.
- 5 - S. BOREL-MAISONNY :  
Introduction à la phonétique  
L'audioprothésiste Français n° 2 - 1961.
- 6 - S. BOREL-MAISONNY :  
Information auditive et extra-auditive  
Journal Français d'O.R.L. n° 6 - 1962.
- 7 - COURVEAULLE C. et LAFON J.C.  
Remarques sur les phénomènes nasals et la nasalité  
Journal Français O.R.L. n° 2 - 1957.
- 8 - A. DJOURNO et A. VERAÏN  
Analyse oscillographique instantanée des voyelles  
Compte rendu des séances de la Société de Biologie - 1959.



- 9 - DREYFUS, GRAF J. :  
Phonetographe et phonétique.  
Folia phoniatica n° 4 - 1953.
- 10 - FABRE P. :  
Etude comparée des glottogrammes et des phonagrammes  
de la voie humaine.  
Annales d'Oto. R.L. n° 10-11 - 1958.
- 11 - G. FANT :  
Formants and cavities.  
Proceeding of the 5 th International Congress  
of Phonetic Science. Münster. 1964.
- 12 - FROESCHELS E :  
La phonétique autrefois et maintenant  
Folia phoniatica n° 2 - 1954.
- 13 - M. GRAMMONT :  
Traité de phonétique  
Librairie Delagrave - 1953.
- 14 - GREINER G.F. et LAFON J.C. :  
La mesure de l'intégration phonétique et ses applications  
cliniques.  
J. Français O.R.L. - 1958.
- 15 - GUERIN - PELTIER :  
Les altérations de la voie et de la parole  
des sourds étudiées au Sonagraph  
Mémoire d'Orthophonie. Paris 1965.
- 16 - LAFON J.C.  
Le test phonétique.  
Cahiers de la C.F.A. n° 5 - 1960.
- 17 - LAFON J.C.  
Message et Phonétique.  
P.U.F. -
- 18 - LAFON  
Facteurs acoustiques de l'intelligibilité de la parole  
J. Français O.R.L. - 1957.
- 19 - LAHELLEC M. :  
Contribution à l'analyse des fréquences des voyelles parlées  
chez les sujets normaux.  
Thèse de Médecine - Paris 1964.



20 - MALMBERG :

La phonétique  
"Que sais-je" n° 637 - 1962.

21 - MALMBERG :

Analyse linguistique et interprétation auditive  
J. Français d'O.R.L. - 1962.

22 - MANOUVRIER A.C. :

Représentation visuelle de la parole.  
Premier Atlas de logogrammes  
Thèse de Médecine - Paris 1965.

23 - MILLER :

Langage et communication.  
P.U.F. - 1956.

24 - MOLES et VALLANCIEN :

Phonétique et Phonation  
Masson & Cie - 1966.

25 - MOUNIER-KUHN P. et LAFON J.Cl.

De l'intérêt audio-phonologique de l'étude de la voix  
au sonagraphe.  
Acta O.R.L. Belge n° 3 - 1959.

26 - MAVARRO J. -

Brèves notions de phonétique.  
Acta O.R.L. Iberia Americana n° 2 - 1960.

27 - POMTEZ J.

Particularités acoustiques des principales voyelles françaises.  
Revue Laryngo. n° 7 - 8 - 1964.

28 - SMITH S. :

Les variations de la fréquence laryngienne.  
Folia phoniatica n° 4 - 1959.

29 - TARNEAUD J. et S. BOREL-MAISONNY :

Traité pratique de phonologie et de phoniatrie.  
Maloine - 1961.

30 - TARNOCZY T.

Nouvelle méthode pour la détermination du spectre de la parole.  
Folia phoniatica n° 2 - 1956.



31 - VAN DEN BERG J. :

Recherches modernes et phoniatrie expérimentale  
Folia phoniatrica n° 2 - 3 - 1962.

32 - WINCKEL F. :

Critères physiques pour une appréciation objective  
de la parole.  
Folia phoniatrica n° 4 - 1953.

---







EDITIONS  
40 R. Pascal  
PARIS 13<sup>e</sup>  
TELEPHONE  
535: 18-93  
535: 18-62